溶融スラグ骨材の利用と JIS 化

辻 幸和^{*1}・依田彰彦^{*2}・川上勝弥^{*3}・鈴木康範^{*4}

概要 コンクリート用溶融スラグ骨材の品質が、その適用範囲とともに JIS A 5031 として制定された。溶融スラグ骨材の生産状況と品質、溶融スラグ骨材を用いたコンクリートの特性について紹介するとともに、JCI 規格（案）から TR A 0016 を経て、JIS A 5031 の制定に至る JIS 化への経緯および適用範囲と規定内容について紹介する。そして、溶融スラグ骨材の今後の展望について述べる。

キーワード：溶融スラグ骨材、JIS A 5031、TR A 0016、JCI 規格（案）、溶融スラグ骨材の品質、溶融スラグ骨材コンクリートの特性

1. はじめに

近年における一般廃棄物の処理実績をみると、最終処分場の 3/4 程度が焼却灰によって占められている。また、多量に発生している下水汚泥の処理は、下水事業者等の大きな課題となっている。このように、最終埋め立て処分場の延命化と環境汚染の防止などが大きな社会問題になっている。このため、一般廃棄物、下水汚泥、あるいはこれら焼却灰の資源化が、多方面で研究開発されてきた。

溶融固化は、廃棄物処理におけるダイオキシン類の発生を抑制し、焼却残さの最終処分量を軽減する有力な手法として、注目されている。そして、施策的な動向と相まって¹⁾、近年急速にその溶融固化物の量が増加している。また平成 18 年 7 月 20 日には、JIS A 5031（一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化したコンクリート用溶融スラグ骨材）として、溶融固化物を加工した溶融スラグ骨材は JIS 化され²⁾、利用の環境が整備されてきた。

本文は、溶融スラグ骨材の生産状況と品質、溶融スラグ骨材を用いたコンクリートの特性について紹介するとともに、JIS 化への経緯や規定内容について述べるものである。

2. 溶融スラグの生産状況

溶融スラグを生産する溶融形式と溶融施設数ならびに溶融スラグの生産量については、(財)建材試験センターが 2003 年に実施したアンケート結果がある^{3), 4)}。このアンケートは、当時の時点でほぼ全数と思われる 155 箇所の一般廃棄物および下水汚泥の溶融固化施設を対象としたもので、130 箇所からの有効回答を得ている。

*1 つじ・ゆきかず／群馬大学 教授（正会員）

*2 よだ・あきひこ／足利工業大学 教授（正会員）

*3 かわかみ・かつや／小山工業高等専門学校 助教授（正会員）

*4 すずき・やすのり／住友大阪セメント(株) セメント・コンクリート研究所 グループリーダー（正会員）

2.1 溶融炉の形式と施設数

一般廃棄物および下水汚泥の溶融形式は、表-1 に示すように、焼却残さを溶融する方式とガス化溶融炉のような直接溶融する方式に大別される。そして、一般廃棄物を対象とする溶融炉には、電気式の灰溶融炉およびガス化溶融炉が多い。

溶融固化施設の稼働開始年とその数を、図-1 に示す。一般廃棄物の溶融固化施設としては、「ダイオキシン類

表-1 溶融炉の形式

処理対象	炉形式	中分類	分類
一般廃棄物	灰溶融炉 (焼却残さ溶融炉)	電気式	交流アーク式溶融炉
			電気抵抗式溶融炉
			プラズマ式溶融炉
			誘導式溶融炉
		燃料燃焼式	回転式表面溶融炉
			反射式表面溶融炉
			放射式表面溶融炉
			旋回流式溶融炉
	ガス化溶融炉	ガス化溶融炉	ロータリーキルン式溶融炉
			コークスベッド式溶融炉
		ガス化改質炉	酸素バーナー火炎式溶融炉
			シャフト炉式ガス化溶融炉
下水汚泥	汚泥溶融炉	一体方式	キルン式ガス化溶融炉
			流動床式ガス化溶融炉
		分離方式	シャフト炉式ガス化改質炉
			キルン式ガス化改質炉
	灰溶融炉	一体方式	流動床式ガス化改質炉
			交流アーク式溶融炉
		分離方式	回転式表面溶融炉
			旋回流式溶融炉
	その他	一体方式	酸素バーナー火炎式溶融炉
			交流アーク式溶融炉
		分離方式	回転式表面溶融炉
			旋回流式溶融炉

図-1 溶融固化施設の稼働開始年

対策特別措置法」の施行猶予期限である 2002 年に稼働を開始した施設が多い。そして近年の傾向としては、直接溶融方式のガス化溶融炉の設置件数が増加している。

溶融固化施設の都道府県分布は、図-2 に示すとおりである³⁾。一般廃棄物の溶融固化施設は全国に分布しているが、人口の集中する都府県に多い。また下水汚泥の溶融固化施設は、まだ少ないが、大阪府を中心にした近畿地区に多く設置されている。

図-3 溶融スラグの生産量の推移

2.2 溶融スラグの生産量

溶融スラグの生産量の推移を、図-3 に示す³⁾。溶融スラグの生産量は、溶融固化施設の稼働開始年に対応しており、2002 年の生産量の伸びが大きく、その傾向は一般廃棄物由来の溶融スラグにおいて特に顕著である。現在では年間で 30 万 t 程度生産しており、その伸びは著しい。

図-2 溶融固化施設の都道府県分布

Application and JIS Stipulation of Melt-solidified Slag Aggregate for Concrete

By Y. Tsuji, A. Yoda, K. Kawakami and Y. Suzuki

Concrete Journal, Vol.45, No.4, pp.3~9, Apr. 2007

Synopsis JIS A 5031 has been stipulated for a use of Melt-solidified slag aggregate for concrete derived from municipal solid waste and sewage sludge. Production systems and qualities of Melt-solidified slag aggregate are firstly reported. Some properties of concrete with Melt-solidified slag aggregate are also reported from research works. Through some contents of JCI standard, TR A 0016, JIS A 5031, trends of Melt-solidified slag aggregate for concrete are described.

Keywords : Melt-solidified slag aggregate, JIS A 5031, TR A 0016, JCI standard, Qualities of Melt-solidified slag aggregate, Properties of concrete with Melt-solidified slag aggregate

3. 溶融スラグ骨材の品質

3.1 溶融スラグ骨材とは

溶融スラグ骨材は、都市ごみなどの一般廃棄物、下水汚泥またはそれらの焼却灰などを、溶融固化したものである。溶融固化とは、燃焼熱や電気から得られた熱エネルギーなどにより 1 200℃ 以上の高温に加熱し、有機物を燃焼、ガス化させるとともに、無機物を溶融した後に冷却するプロセスである。そして、コンクリート用骨材としての品質を満足し、かつ使用環境およびコンクリートの品質に悪影響を及ぼす物質を有害量含まないものが、溶融スラグ骨材である。

3.2 物理的性質

溶融スラグ骨材の物理的性質の JIS A 5031 規定および一例を、表-2 に示す²⁾。溶融スラグ骨材の物理的性質の特徴を列挙すると、①密度が大きい、②吸水率が小さい、③粒形判定実積率が小さいものがあるなどである。

溶融スラグ骨材は、一般には硬質であるが、製造過程でポーラスになるものがある。そのため、過度にポーラスになったものを排除することを目的に、JIS A 5031 では、絶乾密度、吸水率および安定性が表-2 のように規定されている。

また粒形判定実積率は、溶融固化後の破碎等が適切でないと、粒形が悪く、角張りのあるものや偏平なものとなり、ワーカビリティなどに悪影響を及ぼすことがあるので規定されている。溶融スラグ骨材に含まれる微粉末は、天然骨材に含まれる粘土、シルト等と異なり、ブリーディングを減少させる効果が期待される。そのため、碎石・砕砂と同様の規定となっている。

3.3 化学成分

溶融スラグの化学成分は、溶融の由来物および溶融炉の形式等により相違する。その化学成分を溶融固化物の由来により区分して、その平均値で示したのが表-3 である。SiO₂、CaO および Al₂O₃ を主成分とする。そして、下水汚泥に由来する溶融スラグは、Fe₂O₃ および P₂O₅ を多く含む傾向がある。

化学成分の JIS A 5031 規定を表-4 に示す。全硫黄および三酸化硫黄は、その含有量が多いと、セメント中のアルミン酸三石灰と反応してエトリンガイトを生じてコンクリート硬化体が異常膨張を起こすことがあること、ならびにコンクリート中の鋼材を腐食させるおそれがあることなどに配慮して、JIS A 5011-1（高炉スラグ骨材）を参考にして規定されている。

また金属鉄は、その含有量が多いと、溶融スラグ骨材の表面に赤錆を発生することがあるので、その値が JIS A 5011-2（フェロニッケルスラグ骨材）を参考にして規定されている。しかし、下水汚泥由来の溶融スラグ骨材の鉄化合物には、リン鉄のような化合物が含まれる場合がある。そのため、フェロニッケルスラグ骨材に適用

表-2 溶融スラグ骨材の物理的性質

区分	項目	JIS 規定値	一般廃棄物	下水汚泥
細骨材	絶乾密度 g/cm ³	2.5 以上	2.77	2.71
	吸水率 %	3 以下	0.68	1.17
	安定性 %	10 以下	2.15	4.50
	単位容積質量 kg/l	—	1.66	1.48
	粒形判定実積率 %	53 以上	55.4	52.8
	微粒分量 %	7.0 以下	2.34	0.43
粗骨材	絶乾密度 g/cm ³	2.5 以上	2.78	2.84
	吸水率 %	3 以下	0.49	0.14
	安定性 %	12 以下	2.58	0.58
	単位容積質量 kg/l	—	1.74	1.65
	粒形判定実積率 %	55 以上	60.3	61.0
	微粒分量 %	1.0 以下	0.33	0.31

表-3 溶融スラグの化学成分

項目	一般廃棄物	下水汚泥
SiO ₂ mass%	34.6	29.3
CaO mass%	25.4	17.7
Al ₂ O ₃ mass%	16.4	18.1
MgO mass%	2.5	1.9
Fe ₂ O ₃ mass%	5.8	8.4
Na ₂ O mass%	3.0	1.4
K ₂ O mass%	1.0	1.8
P ₂ O ₅ mass%	4.9	15.5
TiO ₂ mass%	1.5	0.2
SO ₃ mass%	0.3	0.2
Mn mg/kg	536	551
Cr mg/kg	696	509
Zn mg/kg	1 143	825
Cd mg/kg	3.7	0.5
Cu mg/kg	1 449	905
Pb mg/kg	65	65
Ni mg/kg	149	284
S mg/kg	167	—
Cl mg/kg	46	3
Fe mg/kg	6 471	23 302

表-4 溶融スラグ骨材の化学成分の規定値

項 目	溶融スラグ粗骨材 溶融スラグ細骨材
酸化カルシウム (CaO として) %	45.0 以下
全硫黄 (S として) %	2.0 以下
三酸化硫黄 (SO ₃ として) %	0.5 以下
金属鉄 (Fe として) %	1.0 以下

する方法の金属鉄定量方法により分析した場合、金属鉄の量が高めに定量される傾向にある。より精度よく金属鉄を定量する方法として、メスバウアー分光分析法による金属鉄の定量方法が有効であることが認められているので、この定量方法が、附属書 2（規定）「コンクリート用溶融スラグ骨材の金属鉄分析方法」として規定されている。

3.4 膨 張 性

溶融スラグ骨材中に含まれる金属アルミニウムは、コンクリート中の水酸化カルシウムおよび水と次式のように反応して、水素ガスを発生する恐れがある。

したがって、金属アルミニウム量の上限值が規定されなければならないが、溶融スラグ骨材から発生する水素ガスに関するデータが十分蓄積されていない。そのため、附属書 1（規定）に規定する方法でモルタルの膨張率を求め、その膨張率が 2% 以下であることを確認することに代えている。また、粗骨材の場合は、粗骨材を細骨材と同程度の粒度に砕いたものを試料に用いて試験を行い、同様に確認する。

3.5 アルカリシリカ反応性

アルカリシリカ反応性に関しては、JIS A 1146「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法—モルタルバー法」により有害な膨張を生じたという報告はこれまで無く、ほぼ無害と推察できる。しかし、コンクリートの長期材齢において、アルカリシリカ反応性に起因すると思われる現象が確認されたものがある⁵⁾。

そのため JIS A 5031 では、溶融スラグ骨材のアルカリシリカ反応性は、試験を省略し区分“B”とみなし、JIS A 5308 の附属書 2（規定）によるアルカリシリカ反応性に対する抑制対策を講じることを原則としている。ただし、JIS A 1145、JIS A 1146 または JIS A 1804 のいずれかにより試験を行い、アルカリシリカ反応性を「無害」と判定した場合は、アルカリシリカ反応性に対する抑制対策を講じることなく使用できるようになっている。

3.6 有害物質の溶出量と含有量

溶融スラグは、1 200℃ 以上の高温で溶融固化されるので、ダイオキシン類や PCB 等は分解されるが、重金属類等の有害物質を含有し、溶出することがある。そのため利用に際しては、環境に対する安全性を常に確認しなければならない。溶融スラグから溶出する有害物質は、「一般廃棄物の溶融固化物の再生利用に関する指針¹⁰⁾」に示されるカドミウム、鉛、六価クロム、ひ素、総水銀およびセレン、ならびにその後追加されたふっ素およびほう素の 8 項目である。

溶融スラグ骨材からの有害物質の溶出量および含有量は、平成 17 年に新たに制定された JIS K 0058-1「スラグ類の化学物質試験方法—第 1 部：溶出量試験方法」および JIS K 0058-2「スラグ類の化学物質試験方法—第 2 部：含有量試験方法」により求め、原則として表-5 のそれぞれの規定値を満足しなければならない。なお、溶出量試験の試料は、骨材として利用できる状態に粒度を調整したものとし、2 mm 以下に粉碎する必要はない。すなわち、利用する有姿である。

溶融スラグ骨材の有害物質の含有量は、土壤汚染対策

表-5 有害物質の溶出量および含有量基準

項 目		溶出量基準	含有量基準
カドミウム		0.01 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
鉛		0.01 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
六価クロム		0.05 mg/L 以下	250 mg/kg 以下
ひ素		0.01 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
総水銀		0.0005 mg/L 以下	15 mg/kg 以下
セレン		0.01 mg/L 以下	150 mg/kg 以下
ふっ素		0.8 mg/L 以下	4 000 mg/kg 以下
ほう素		1.0 mg/L 以下	4 000 mg/kg 以下
試験方法	規格	JIS K 0058-1	JIS K 0058-2
	試料	JIS 骨材の利用有姿	2 mm 以下

表-6 フレッシュコンクリートの性状

骨材組合せ		細骨材 ^(注1)	S 1	S 2	川砂	川砂	川砂
		粗骨材 ^(注2)	碎石	碎石	碎石	G 1	G 2
スランブ		cm	11.5	7.0	18.5	10.8	19.0
空気量	質量法	%	9.7	9.2	4.5	6.6	6.0
	圧力法	%	9.2	8.8	4.5	7.4	5.6
ブリーディング量		cm ³ /cm ²	0.42	0.27	0.14	0.16	0.14
凝結	始発（時一分）		7—00	6—20	4—40	4—50	5—00
	終結（時一分）		9—45	8—45	6—35	6—50	7—00

注 1) S 1：下水汚泥溶融スラグ、S 2：一般廃棄物溶融スラグ

注 2) G 1：下水汚泥溶融スラグ、G 2：一般廃棄物溶融スラグ

法における直接摂食による人体への影響を考慮したものである。表-5 の基準は、溶融スラグ骨材単体について試験した場合には、土壤汚染対策法に基づく指定区域の指定に係る基準と同等である。なお、表-5 の含有量基準には「注」があり、「溶融スラグ骨材の製造者が、溶融スラグ骨材を他のコンクリート用骨材と混合したものにより当該基準を満足する場合は、本規格の適用を妨げるものではない」とされている。そして解説には、「暫定的な措置として、当該含有量基準を満足しない場合でも、当該基準の 3 倍以内であれば、溶融スラグ骨材製造者の責任の下で他のコンクリート用骨材と混合したものにより当該含有量基準のみならず本規格の全ての項目を満足する品質を溶融スラグ骨材製造者が保証できる場合には、本規格の適用を妨げるものではないとした」ことを、追記している。

3.7 品質の安定性

同一の溶融固化施設における溶融スラグ骨材の化学成分および物理的性質の変動は、溶融炉が安定的な稼働状態にある場合には、比較的小さいものである。しかしながら、溶融炉の運転開始直後および停止直前の時期には溶融温度が低くなることがあり、このような場合には、溶融スラグ骨材の品質が大きく変動することがある⁶⁾。

4. 溶融スラグ骨材を用いたコンクリートの特性

溶融スラグ骨材を用いたコンクリートのフレッシュ性状の一例を、表-6 に示す⁷⁾。この実験結果は、溶融スラ

図-4 溶融スラグ骨材の置換率と圧縮強度

図-5 溶融スラグ骨材コンクリートのヤング係数

グ細骨材 S1, S2 または溶融スラグ粗骨材 G1, G2 をそれぞれ全量使用したものである。川砂と碎石を用いたコンクリートに対して、①空気量およびブリーディングが増大する、②スランプが低下する、③凝結時間が遅延するなどの特性を示している。

溶融スラグ骨材コンクリートの圧縮強度試験の一例は、図-4 に示すように³⁾、溶融スラグ骨材の由来に関係なく、材齢 28 日において 40 N/mm² 程度の圧縮強度を示す。また、コンクリートの圧縮強度は、一般に溶融スラグ骨材の置換（混合）率の増加とともに減少し、50% の置換（混合）率で天然骨材（川砂、碎石）を用いたコンクリートの 80% 程度を示す。

一方、溶融スラグ骨材コンクリートは、普通骨材を用いたコンクリートと比較して、静弾性係数が大きく（図-5）、長さ変化率が小さい傾向を示す。しかしながら、図-6 に示すように、一部の溶融スラグ骨材については耐久性指数の低下が指摘されている³⁾。

したがって、溶融スラグ骨材を用いたコンクリートに関する今後の課題は、溶融スラグ骨材と普通骨材との最適混合率の判断基準の策定、長期性状の把握と改善などである。

注) 記号の表示は、水セメント比-スラグ混合率-スランプを示す。

図-6 溶融スラグ骨材コンクリートの凍結融解抵抗性

表-7 溶融スラグ骨材の品質基準の JCI 規格（案）

分類	項目	粗骨材	細骨材
化学成分	酸化カルシウム (CaO として) %	45.0 以下	
	全硫黄 (S として) %	2.0 以下	
	三酸化硫黄 (SO ₃ として) %	0.5 以下	
	金属アルミニウム	JSCE-F 522-1999 により、モルタルの膨張率が 2.0% 以下	
	金属鉄 (Fe として) %	1.0 以下	
	塩化物量 (NaCl として) %	0.04 以下	
物理的性質	絶対密度 g/cm ³	2.5 以上	2.5 以上
	吸水率 %	3.0 以下	3.0 以下
	安定性 %	12 以下	10 以下
	粒形判定実積率 %	55 以上	53 以上
	すりへり減量 %	40 以下	—
	骨材の微粒分量試験方法で失われる量 ³⁾ %	1.0 以下	7.0 以下

注 3) コンクリートの表面がすりへり作用を受けるものは、溶融スラグ粗骨材で 1.0% 以下、溶融スラグ細骨材で 5.0% 以下とする。

5. 溶融スラグ骨材の JIS 化の経緯

溶融スラグ骨材の JIS 規定化への経緯を、以下に述べる。

5.1 JCI 規格（案）

旧通商産業省工業技術院が日本規格協会に委託し、そこから日本コンクリート工学協会（JCI）が再委託を受けて、「コンクリートへのリサイクル資材活用技術の標準化に関する調査研究委員会（委員長：辻 幸和・群馬大学教授）」（以降、リサイクル標準化委員会と略称する）が、平成 10 年度から平成 12 年度の 3 年間設置された。委託の趣旨は、コンクリートに使用するリサイクル資材について、出来れば JIS の原案の作成、さもなければ標準情報 TR の原案を作成して標準化を図ることである^{8),9)}。リサイクル標準化委員会においては、再生骨材を用いたコンクリート、エコセメント、碎石粉についてのそれぞれの標準情報 TR の原案が作成された。また、溶融スラグ骨材の JCI 規格（案）が作成された。

表-7 は、提案された JCI の品質規格（案）を示す。

表-8 一般廃棄物の溶融固化物に係る目標基準

対象物質	溶出基準
カドミウム	0.01 mg/l 以下
鉛	0.01 mg/l 以下
六価クロム	0.05 mg/l 以下
砒素	0.01 mg/l 以下
総水銀	0.0005 mg/l 以下
セレン	0.01 mg/l 以下

備考 表-8 は、「一般廃棄物の溶融固化物の再生利用の実施の促進について」(平成 10 年 3 月 26 日厚生省通達, 生衛発第 508 号) に、一般廃棄物の溶融固化物に係る目標基準として設定された目標基準である。

この JCI 規格(案)については、当時建材試験センターに設置されていた「建設資材関連のリサイクルシステムに関する標準化調査委員会、溶融スラグ標準化部会(部会長: 依田彰彦・足利工大教授)」の活動成果などを考慮して、TR 化に進展されることが期待された。

5.2 TR A 0016

JCI の品質規格(案)が作成された当時は、溶融スラグ骨材としての利用は、インターロッキングブロックや積みブロックなどのプレキャスト製品用の骨材としての利用に限られていた。しかしながら、他の分野への利用も有望視されており、各方面からコンクリート用溶融スラグ骨材として有効に利用するための JIS 規格化が早急に強く要望されていた。そこで、JCI は建材試験センターと共同して、2001 年 11 月に JCI 内に「溶融スラグ骨材標準化委員会(委員長: 辻 幸和・群馬大学教授)」を組織して、溶融スラグ細骨材についての原案を作成した。溶融スラグ粗骨材に関しては、研究・技術開発と実績が十分に得られれば、規格化も期待されていた。そして平成 14 年 7 月 20 日には、標準情報(TR)として TR A 0016「一般廃棄物、下水汚泥等の溶融固化物を用いたコンクリート用細骨材(コンクリート用溶融スラグ細骨材)」が公表された。

表-8 に示すように、有害物質の溶出基準が規定された。なお化学成分と物理的性質は、JCI 規格(案)や JIS A 5031 の溶融スラグ細骨材と同様な規定である。金属アルミニウムについては、JIS A 5031 と同様な附属書 1(規定)によって試験を行い、それを使用したモルタルの膨張率が 2.0% 以下でなければならないとしていた。この附属書 1(規定)は、土木学会規準 JSCE-F 522-1999 の規定内容をほぼ踏襲して作成された。また、溶融スラグ細骨材のアルカリシリカ反応性は区分 B とみなし、JIS A 5308 の当時の附属書 6(セメントの選定等によるアルカリ骨材反応の抑制対策の方法)によって抑制対策を行うものとしていた。

5.3 JIS A 5031

溶融スラグ細骨材の TR A 0016 が公表された翌年の平成 15 年度より、建材試験センターにおいて、「コンクリート用溶融スラグ骨材の耐久性評価調査研究委員会

(委員長: 辻 幸和・群馬大学教授)」が設置され、TR A 0016 に基づいて溶融スラグ粗骨材を含めた JIS 原案が平成 16 年度に作成された^{3),4)}。

その後、日本工業標準調査会(JISC)の土木技術専門委員会において、JIS 原案は慎重に審議された。そして平成 18 年 7 月 20 日に、JIS A 5031「一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固化したコンクリート用溶融スラグ骨材」として制定された。その内容は、3. に述べたが、溶融スラグ骨材の適用範囲と粒度については、以下に述べる。

(1) 適用範囲

溶融スラグ骨材コンクリートは、使用実績が少ないこと、長期安定性に関するデータが少ないこと等を考慮して、限定された使用となっている。また、溶融スラグ骨材の使用は、普通骨材の一部を溶融スラグ骨材に置き換えて使用する混合使用を想定している。

したがって、適用範囲は、設計基準強度が 35 N/mm² 以下の JIS A 5371 に規定されるプレキャスト無筋コンクリート製品および JIS A 5372 に規定されるプレキャスト鉄筋コンクリート製品、ならびにこれらと同等の各種コンクリート製品としている。一方レディーミクストコンクリートでは、呼び強度が 33 以下としている。ただし、溶融スラグ骨材を用いたコンクリートの強度や耐久性などの品質が確認できれば、これ以上の強度への適用を可能としている。なお、耐久性を確保するために、コンクリートの水セメント比は 55% 以下である。

(2) 粒 度

溶融スラグ骨材を単独使用する場合には、各粒度区分の粒度範囲を満足しなければならない。溶融スラグ骨材は、普通骨材との混合使用を推奨しており、質量による溶融スラグの混合率は 50% 以下とするのが標準的である。JIS A 5031 に規定されている細骨材の細目の 1.2 mm 品と粗目の 5~0.3 mm 品は、普通骨材等との混合使用を想定したものである。

6. 溶融スラグ骨材の今後の展望

現在、溶融スラグ骨材としての有効利用は、リサイクル材の地産地消の原則に従って、都道府県のリサイクル製品認定制度等において再生資源として認定され、利用されているのが一般的である。溶融スラグ骨材の有効利用を加速するのが標準化であり、今般 JIS A 5031 が制定された。しかし、溶融スラグ骨材を取り巻く状況を順風であると結論付けるのは早計であり、溶融スラグ骨材の使用に際しては、環境安全性を含めた溶融スラグ骨材の特性を十分に熟知し、かつ慎重に対応しなければならない。

建材試験センターでは、(独)新エネルギー産業技術総合開発機構とともに、2006 年 9 月に「溶融スラグ骨材コンクリート利用マニュアル」を作成し、溶融スラグ

骨材の適切な利用に向けて積極的に取り組んでいる¹⁰⁾。
このマニュアルは、コンクリートに関連する技術者には
溶融スラグ骨材を適正に利用するためのものとしている。
また、溶融固化施設における溶融スラグ骨材の製造担当
者および溶融炉を設計・製作する技術者には、コンクリ
ート用溶融スラグ骨材を製造するための指針となることを
目指している。

7. おわりに

JIS A 5031（一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼
却灰を溶融固化したコンクリート用溶融スラグ骨材）の
内容と JIS 化への経緯，および「溶融スラグ骨材コン
クリート利用マニュアル」における溶融スラグ骨材の品
質と使用上の留意点について述べた。拙稿が，溶融ス
ラグ骨材を循環型社会の形成において，適切に利用される
ために役立つことを期待する。

JCI 規格（案），TR A 0016，JIS A 5031 の原案作成
および「溶融スラグ骨材コンクリート利用マニュアル」
の作成の各委員会の委員各位には，多大なご助力を頂い
た。本文は，各委員会における審議内容に基づいて作成
した。各委員会の委員各位に対して，厚く感謝申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 厚生省通達・生衛発第 508 号：一般廃棄物の溶融固化物の再生利
用に関する指針（“一般廃棄物の溶融固化物の再生利用の実施の
促進について”に添付），1998. 3
- 2) JIS A 5031（一般廃棄物，下水汚泥又はそれらの焼却灰を溶融固
化したコンクリート用溶融スラグ骨材），2006. 7
- 3) (財)建材試験センター：平成 16 年度経済産業省委託事業，新発
電システム等調査研究「コンクリート用溶融スラグ骨材の耐久性
評価の標準化調査研究」成果報告書，2005. 3
- 4) (財)建材試験センター：平成 15 年度経済産業省委託事業，新発
電システム等調査研究「コンクリート用溶融スラグ骨材の耐久性
評価の標準化調査研究」成果報告書，2004. 3
- 5) 川上勝弥・依田彰彦・横室 隆・吉崎芳郎：溶融スラグ骨材を用
いたコンクリートの長期性状，コンクリート工学年次論文集，
Vol.27, No.1, pp.103~108, 2005. 6
- 6) 中田善久・斉藤丈士・伊能泰夫・大塚秀三：ごみ溶融スラグ細骨
材の品質変動とこれと混合する細骨材に関する検討，コンクリ
ート工学年次論文集，Vol.27, No.1, pp.115~120, 2005. 6
- 7) (財)建材試験センター：平成 12 年度経済産業省委託事業，建設
資材関連のリサイクルシステムに関する標準化調査成果報告書，
2001. 3
- 8) 辻 幸和・鈴木康範：リサイクル資材のコンクリートへの活用技
術の標準化，コンクリート工学，Vol.39, No.10, pp.98~101，
2001. 10
- 9) コンクリートへのリサイクル資材活用技術の標準化に関する調査
研究委員会：一般廃棄物と下水汚泥を起源とする溶融スラグ骨材
の JCI 規格（案）および砕石粉 TR 原案の概要，コンクリート
工学，Vol.39, No.12, pp.59~65, 2001. 12
- 10) (財)建材試験センター：「溶融スラグ骨材コンクリート利用マニ
ュアル」「コンクリート用溶融スラグ骨材の標準化の現状と展望」
梗概集，2006 年 9 月 15 日

新刊紹介

災害から守る・災害に学ぶ —鉄道土木メンテナンス部門の奮闘—

(社)日本鉄道施設協会／A 5 判／271 ページ／2 800 円（税込）
('06. 12)

本書は，日本鉄道施設協会が発行している協会誌の 2004 年
1 月号から 2005 年 12 月号まで 24 回にわたって連載された
『災害から守る・災害に学ぶ』の事例研究記事をもとに，大幅
に加筆，修正して編纂したものである。

本書の特徴は，鉄道土木メンテナンス部門の専門家である
30 人の執筆者が，その体験に基づいて鉄道の各種自然災害事
例を具体的に紹介するとともに，災害の原因と，その際に実施
された応急・復旧対策等を分かりやすく記述しており，鉄道関

係者のみならず土木技術者全般にも貴重な参考書として活用で
きるものである。

また，“コラム”には，本文執筆者以外の多くの技術者の災
害復旧余話とも言える興味深い記事が掲載されており，“気
象豆知識”には，記事に関連した異常気象，台風，地震，気象
用語等がタイミングよく挿入されている。

本書の構成は次のようになっている。

- ・発刊に寄せて
- ・推薦の言葉
- ・フォトドキュメント
- ・第 1 章 自然災害
- ・第 2 章 自然災害以外
- ・第 3 章 東海道新幹線
- ・結び
- ・主要災害リスト

（記：岡田 安弘）